

Удельная теплоёмкость

воды $4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	алюминия 900 Дж/(кг·К)
льда $2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	меди 380 Дж/(кг·К)
железа 460 Дж/(кг·К)	чугуна 500 Дж/(кг·К)
свинца 130 Дж/(кг·К)	

Удельная теплота

парообразования воды $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца $2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда $3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг

Нормальные условия: давление – 10^5 Па, температура – 0°C

Молярная масса

азота $28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия $4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона $40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития $6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха $29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона $20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды $18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа $44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

Часть 1

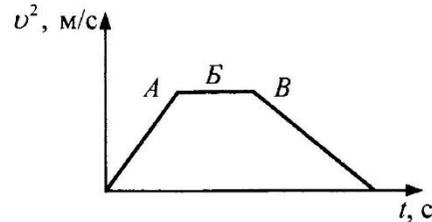
Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1** При прямолинейном движении зависимость пройденного телом пути s от времени t имеет вид: $s = 5 + 2t + 4t^2$. Чему равна скорость тела при таком движении в момент времени $t = 2$ с?
- Ответ: _____ м/с.
- 2** Деревянный брусок массой m , площади граней которого связаны отношением $S_1:S_2:S_3 = 1:2:3$, скользит равномерно по горизонтальной шероховатой опоре, соприкасаясь с ней гранью площадью S_3 , под действием горизонтальной силы F . Каков численный коэффициент трения бруска об опору, стоящий перед F/mg ?
- Ответ: _____.
- 3** На движущееся тело массой 2 кг начала действовать постоянная тормозящая сила. Величина импульса этой силы к моменту остановки тела составила 4 Н·с. Какой была скорость тела в момент начала торможения?
- Ответ: _____ м/с.
- 4** Гиря массой 4 кг, подвешенная на стальной пружине, совершает свободные колебания с периодом 2 с. С каким периодом будет совершать свободные колебания гиря массой 1 кг, подвешенная на этой пружине?
- Ответ: _____ с.

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 231002



5 Величина скорости лифта, движущегося вниз, изменяется согласно графику $v(t)$. В лифте лежит ящик. Выберите верные утверждения из приведённых ниже и укажите их номера.



- 1) На участке А ускорение лифта направлено вниз
- 2) На участке Б вес ящика больше силы тяжести, действующей на ящик
- 3) На участке В вес тела больше силы тяжести
- 4) На участке В вес тела больше силы тяжести
- 5) На участке Б вес ящика меньше силы тяжести, действующей на ящик

Ответ: _____.

6 Камень бросили с балкона вертикально вверх. Что происходит со скоростью камня и полной механической энергией в процессе движения камня вверх? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость камня	Полная механическая энергия камня

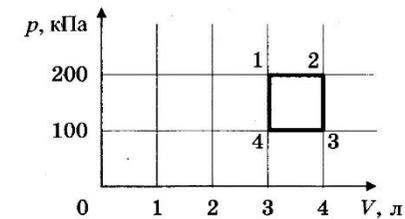
7 В баллоне объёмом $1,66 \text{ м}^3$ находится молекулярный кислород при давлении 10^5 Па и температуре $47 \text{ }^\circ\text{C}$. Какова масса кислорода?

Ответ: _____ кг.

8 Идеальный газ получил количество теплоты 300 Дж , и при этом внешние силы совершили над ним работу 100 Дж . Чему равно изменение внутренней энергии газа?

Ответ: _____ Дж.

9 Идеальный газ перевели из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления p газа от объёма V (см. рисунок). Количество вещества газа при этом не менялось. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процессы на рисунке.



- 1) Работа газа при его изобарическом расширении равна 100 Дж .
- 2) Количество вещества газа, участвующего в циклическом процессе, равно $0,12 \text{ моля}$.
- 3) Работа, совершённая над газом при его изобарическом сжатии, равна 100 Дж .
- 4) Максимальная температура в циклическом процессе больше 900 К .
- 5) Количество теплоты, переданное газу при изохорическом нагревании, меньше 400 Дж .

Ответ: _____.



10 Объём сосуда с идеальным газом увеличили втрое и увеличили температура в 2 раза. Давление при этом осталось неизменным. Как изменилась концентрация и среднеквадратичная скорость молекул?

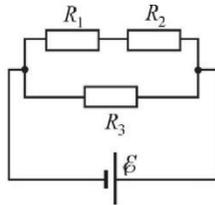
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

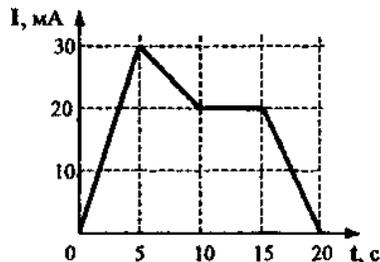
Концентрация молекул	Среднеквадратичная скорость молекул

11 Какая мощность выделяется в резисторе R_2 , включенном в электрическую цепь, схема которой изображена на рисунке? $R_1 = 3 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$, $R_3 = 1 \text{ Ом}$, ЭДС источника 5 В, внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало.



Ответ: _____ Вт.

12 На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в электрической цепи, индуктивность которой 1 мГн. Определите модуль среднего значения ЭДС самоиндукции в интервале времени от 5 до 15 с.

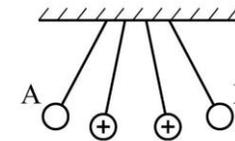


Ответ: _____ мкВ.

13 Действительное изображение источника света находится на расстоянии 40 см от линзы с оптической силой 5 дптр. Чему при этом равно отношение расстояния от источника света до линзы к расстоянию от линзы до изображения?

Ответ: _____.

14 Четыре шара подвешены на нерастяжимых непроводящих нитях так, как показано на рисунке. Масса всех шаров одинакова, а знак заряда известен только у двух средних.



Из того, как отклонились шары, следует

- 1) шары А и Б заряжены отрицательно
- 2) $|q_A| > |q_B|$
- 3) $q_A < 0, q_B > 0$
- 4) шары А и Б заряжены положительно
- 5) заряды шаров равны по модулю

Выберите утверждения, соответствующие результатам экспериментального исследования, и запишите цифры, под которыми они указаны.

Ответ: _____.



15 Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью C и катушки индуктивностью L . При электромагнитных колебаниях, происходящих в этом контуре, максимальный заряд пластины конденсатора равен q . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. Сопротивлением контура пренебречь.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) максимальная энергия электрического поля конденсатора	1) $\frac{q^2}{2C}$
Б) максимальная сила тока, протекающего через катушку	2) $q \sqrt{\frac{C}{L}}$
	3) $\frac{q}{\sqrt{LC}}$
	4) $\frac{Cq^2}{2}$

Ответ:

А	Б

16 Период полураспада изотопа натрия $^{22}_{11}\text{Na}$ равен 2,6 года. Если изначально было 104 мг этого изотопа, то сколько примерно его будет через 5,2 года?

Ответ: _____ мг.

17 Электромагнитная волна преломляется на границе раздела воздуха и воды. Как изменяются при переходе из воздуха в воду следующие характеристики электромагнитной волны: частота волны и скорость её распространения? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота волны	Скорость распространения волны

18 Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Работа постоянной силы, приложенной к телу, прямо пропорциональна модулю перемещения тела.
- 2) Процесс диффузии может наблюдаться только в газах и в жидкостях.
- 3) При коротком замыкании внешней цепи идеальный амперметр, включённый в цепь, показывает силу тока, равную нулю.
- 4) В замкнутом им площадке возникает индукционный ток.
- 5) Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона равна энергии кванта света, выбившего его с поверхности фотоатода.

Ответ: _____.

19 При определении периода колебаний маятника было измерено время, за которое совершается 40 колебаний – 20,0 с. Погрешность измерения времени составила 0,4 с. Запишите в ответ измеренный период колебаний с учётом погрешности измерений.

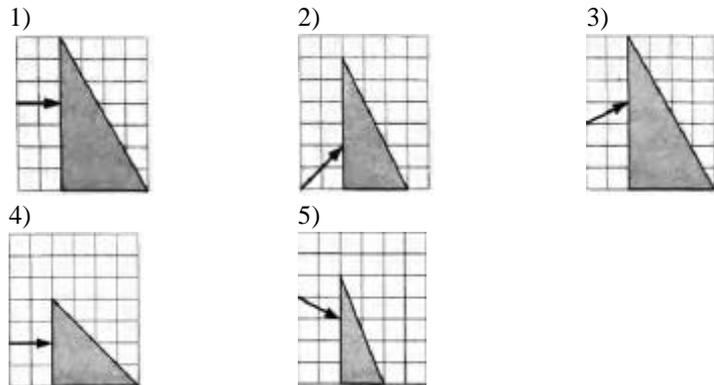
Ответ: (_____ ± _____) с.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.



20

Пучок белого света, пройдя через призму, разлагается в спектр. Была выдвинута гипотеза, что ширина спектра, получаемого на стоящем за призмой экране, зависит от угла падения пучка на грань призмы. Необходимо экспериментально проверить эту гипотезу. Какие два опыта нужно провести для такого исследования?



В ответе запишите номера выбранных сосудов.

Ответ:

--	--

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

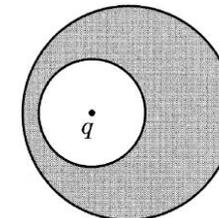
Часть 2

Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

21

В левой половине незаряженного металлического шара располагается крупная шарообразная полость, заполненная воздухом. Шар находится в воздухе вдали от других предметов. В центр полости помещён отрицательный точечный заряд $q < 0$ (см. рисунок). Нарисуйте картину линий напряжённости электростатического поля внутри полости, внутри проводника и снаружи шара. Если поле отсутствует, напишите в данной области: $\vec{E} = 0$. Если поле отлично от нуля, нарисуйте картину поля в данной

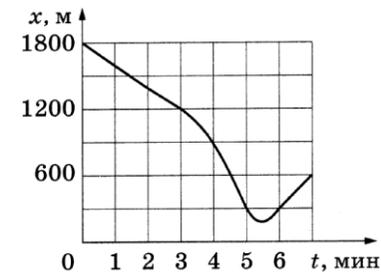
области, используя восемь линий напряжённости. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

22

Автомобиль массой 1700 кг двигался по дороге. Его положение на дороге изменялось согласно графику зависимости координаты от времени (см. рисунок). Определите максимальную кинетическую энергию, которой автомобиль достиг при своём движении.



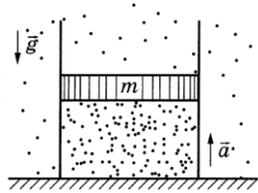
23

Лазер излучает в импульсе длительностью 20 мс 10^{19} фотонов с длиной волны 600 нм. Какова средняя мощность импульса лазера?

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 231002

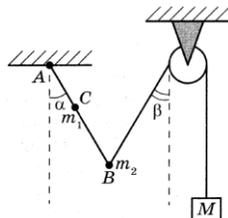


- 24 В вертикальном цилиндрическом сосуде с гладкими стенками под подвижным поршнем массой 10 кг и площадью поперечного сечения 50 см^2 находится разреженный газ (см. рисунок). При движении сосуда по вертикали с ускорением, направленным вверх и равным по модулю 1 м/с^2 , высота столба газа под поршнем постоянна и на 5% меньше, чем в покоящемся сосуде. Считая температуру газа под поршнем неизменной, а наружное давление постоянным, определите внешнее давление. Масса газа под поршнем постоянна.



- 25 Металлическая пластина облучается светом частотой $\nu = 1,6 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряжённостью 130 В/м , причём вектор напряжённости \vec{E} поля направлен к пластине перпендикулярно её поверхности. Измерения показали, что на расстоянии 10 см от пластины максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна $15,9 \text{ эВ}$. Определите работу выхода электронов из данного металла.

- 26 Невесомый стержень AB длиной $l = 40 \text{ см}$ с двумя малыми грузиками массами $m_1 = 200 \text{ г}$ и $m_2 = 100 \text{ г}$, расположенными в точках C и B соответственно, шарнирно закреплён в точке A . Груз массой M подвешен к идеальному блоку за невесомую и нерастяжимую нить, другой конец которой соединён с нижним концом стержня, как показано на рисунке. Вся система находится в равновесии: стержень отклонён от вертикали на угол $\alpha = 30^\circ$, а нить составляет угол с вертикалью, равный $\beta = 30^\circ$. Расстояние $AC = b = 25 \text{ см}$. Определите массу груза M . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз M и стержень. **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**



Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.





Система оценивания экзаменационной работы по физике

Задания 1–20

Правильное выполнение каждого из заданий 1–4, 7, 8, 11–13, 16, 19 и 20 оценивается 1 баллом. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа. В ответе на задание 20 порядок записи символов значения не имеет.

Правильное выполнение каждого из заданий 6, 10, 15 и 17 оценивается 2 баллами. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа: каждый символ в ответе стоит на своём месте, лишние символы в ответе отсутствуют. Выставляется 1 балл, если на любой одной позиции ответа записан не тот символ, который представлен в эталоне ответа. Во всех других случаях выставляется 0 баллов. Если количество символов в ответе больше требуемого, выставляется 0 баллов вне зависимости от того, были ли указаны все необходимые символы.

Правильное выполнение каждого из заданий 5, 9, 14 и 18 оценивается 2 баллами. В этих заданиях предполагается два или три верных ответа. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, каждый символ присутствует в ответе, в ответе отсутствуют лишние символы. Порядок записи символов в ответе значения не имеет. Выставляется 1 балл, если только один из символов, указанных в ответе, не соответствует эталону (в том числе есть один лишний символ наряду с остальными верными) или только один символ отсутствует; во всех других случаях выставляется 0 баллов.

Номер задания	Правильный ответ	Номер задания	Правильный ответ
1	18	11	2
2	1	12	1
3	2	13	1
4	1	14	45
5	13	15	13
6	23	16	26
7	1	17	32
8	400	18	14
9	23	19	0,500,01
10	21	20	13

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Выполнение заданий 21–26 (с развёрнутым ответом) оценивается предметной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного экзаменуемым ответа выставляется от 0 до максимального балла.

Выполнение заданий оценивания на основании описания полного правильного ответа, за который выставляется максимальный балл, а наличие тех или иных недостатков или ошибок приводит к снижению оценки. В схеме оценивания учтены наиболее типичные ошибки или недочёты, допускаемые участниками экзамена, и определено их влияние на оценивание. Для каждого задания 21–26 приводится авторский способ решения. Предлагаемый способ (метод) решения не является образцом решения и определяющим для построения шкалы оценивания работ экзаменуемых.

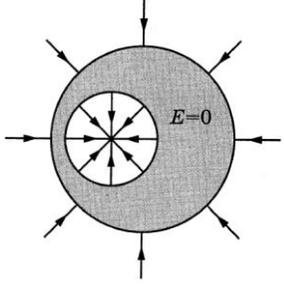
Решение экзаменуемого может иметь логику, отличную от авторской логики решения (альтернативное решение). В этом случае эксперт оценивает возможность решения конкретной задачи тем способом, который выбрал экзаменуемый. Если ход решения экзаменуемого допустим, то эксперт оценивает полноту и правильность этого решения на основании того списка основных законов, формул или утверждений, которые соответствуют выбранному способу решения.

Для заданий 22–26 в схеме оценивания используются единые требования к полному правильному ответу.

21

В левой половине незаряженного металлического шара располагается крупная шарообразная полость, заполненная воздухом. Шар находится в воздухе вдали от других предметов. В центр полости помещён отрицательный точечный заряд $q < 0$ (см. рисунок). Нарисуйте картину линий напряжённости электростатического поля внутри полости, внутри проводника и снаружи шара. Если поле отсутствует, напишите в данной области: $\vec{E} = 0$. Если поле отлично от нуля, нарисуйте картину поля в данной области, используя восемь линий напряжённости. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

Возможное решение	
1. Приведён схематический рисунок картины линий напряжённости: внутри полости – семейство прямых лучей, направленных к заряду и исходящих с поверхности полости по нормали; снаружи шара – семейство прямых лучей,	

<p>направленных к поверхности шара по нормали к ней из бесконечности.</p>  <p>2. Внутри проводника – электростатическое поле $\vec{E} = 0$.</p> <p>3. Заряд q помещён в центр шарообразной полости. Поэтому его электростатическое поле в полости обладает центральной симметрией и выглядит как поле уединённого точечного заряда $q < 0$, находящегося в центре полости. Линии напряжённости этого поля подходят по нормали к поверхности полости, где равномерно распределён положительный индуцированный заряд $+q > 0$.</p> <p>4. На наружной поверхности шара находится (в силу нейтральности шара в целом) отрицательный заряд $q < 0$. В силу того, что внутри проводника $\vec{E} = 0$, а снаружи окружающие предметы расположены далеко от шара, этот заряд распределён по поверхности шара равномерно. Его поле вне шара выглядит как поле уединённого точечного заряда $q < 0$, расположенного в центре шара. Линии напряжённости направлены к шару по нормали к его поверхности.</p>	
<p>Критерии оценивания выполнения задания</p>	<p>Баллы</p>
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов.</p>	<p>3</p>
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p>	<p>2</p>

<p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	
<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

22

Автомобиль массой 1700 кг двигался по дороге. Его положение на дороге изменялось согласно графику зависимости координаты от времени (см. рисунок). Определите максимальную кинетическую энергию, которой автомобиль достиг при своём движении.

<p>Возможное решение:</p>
<p>Скорость тела определяется изменением его координаты с течением времени. Анализируя график зависимости координаты автомобиля от времени $x(t)$, видим, что в промежутке от 4 до 5 минут его координата изменяется линейно и быстрее всего. Следовательно, в этот промежуток</p>

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ №231002



времени автомобиль движется равномерно с максимальной скоростью. Определим модуль максимальной скорости автомобиля:

$$v_{max} = \frac{|x(5) - x(4)|}{\Delta t} = \frac{|300 - 900|}{60} = 10 \text{ м/с.}$$

Таким образом, максимальная кинетическая энергия автомобиля равна

$$E_{kmax} = \frac{mv_{max}^2}{2} = \frac{1700 \cdot 10^2}{2} = 85 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 85 \text{ кДж.}$$

Ответ: $E_{kmax} = 85 \text{ кДж.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом; II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ)	1

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

23 Лазер излучает в импульсе длительностью 20 мс 10^{19} фотонов с длиной волны 600 нм. Какова средняя мощность импульса лазера?

Возможное решение:	
Мощность импульса $P = \frac{N \cdot E}{t},$ где N – число излучённых фотонов, t – длительность импульса, число излученных фотонов: $E = h \frac{c}{\lambda}.$ Получаем: $P = \frac{N \cdot E}{t} = \frac{Nhc}{\lambda t} = \frac{10^{19} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{600 \cdot 10^{-9} \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 165 \text{ Вт.}$ Ответ: $P = 165 \text{ Вт.}$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом; II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены	1



<p>преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	2

24

В вертикальном цилиндрическом сосуде с гладкими стенками под подвижным поршнем массой 10 кг и площадью поперечного сечения 50 см² находится разреженный газ (см. рисунок). При движении сосуда по вертикали с ускорением, направленным вверх и равным по модулю 1 м/с², высота столба газа под поршнем постоянна и на 5% меньше, чем в покое сосуда. Считая температуру газа под поршнем неизменной, а наружное давление постоянным, определите внешнее давление. Масса газа под поршнем постоянна.

Возможное решение:
<p>1. Запишем в инерциальной системе отсчёта второй закон Ньютона для неподвижного поршня в неподвижном сосуде:</p> $(p_1 - p_0)S - mg = 0,$ <p>где m – масса поршня, S – площадь его поперечного сечения, p_0 – внешнее давление, p_1 – давление газа под поршнем в покое сосуда.</p> <p>2. В проекциях на ось Ox второй закон Ньютона для поршня, неподвижного относительно сосуда, движущегося с ускорением \vec{a}: $(p_2 - p_0)S - mg = ma$, где p_2 – давление газа в сосуде, движущемся с ускорением. При этом результирующая сила давления $F = (p_2 - p_0)S$ (см. рисунок).</p>

3. По закону Бойля – Мариотта для газа под поршнем имеем:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow p_1 S h_1 = p_2 S h_2 \Rightarrow p_1 = p_2 (1 - \eta),$$

где h_1 и h_2 – начальная и конечная высота столба газа под поршнем соответственно, а η – относительное изменение высота столба газа:

$$\eta = \frac{h_1 - h_2}{h_1}.$$

4. Решая систему уравнений

$$\begin{cases} p_1 S = p_0 S + mg \\ p_2 S = p_0 S + mg + ma, \\ p_1 = p_2 (1 - \eta) \end{cases}$$

получим выражение для внешнего давления:

$$p_0 = \frac{m}{\eta S} \{ (1 - \eta)a - \eta g \} = \frac{10}{0,05 \cdot 50 \cdot 10^{-4}} \cdot (0,95 \cdot 1 - 0,05 \cdot 10) = 18 \cdot 10^3 \text{ Па} = 18 \text{ кПа}.$$

Ответ: $p_0 = 18 \cdot 10^3 \text{ Па} = 18 \text{ кПа}.$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом; II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p>	3



IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

25

Металлическая пластина облучается светом частотой $\nu = 1,6 \cdot 10^{15}$ Гц. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряжённостью 130 В/м, причём вектор напряжённости \vec{E} поля направлен к пластине перпендикулярно её поверхности. Измерения показали, что на расстоянии 10 см от пластины максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 15,9 эВ. Определите работу выхода электронов из данного металла.

Возможное решение:

Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта энергия поглощаемого фотона равна сумме работы выхода фотоэлектрона из металла и максимальной кинетической энергии фотоэлектрона:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}.$$

В электрическом поле на электрон действует сила, направление которой противоположно направлению вектора напряжённости поля. Поэтому в нашем случае фотоэлектроны будут ускоряться полем. В точке измерения их максимальная кинетическая энергия станет равной

$$\mathcal{E} = \frac{mv^2}{2} + eU,$$

где U – разность потенциалов между поверхностью пластины и эквипотенциальной поверхностью на расстоянии $L = 10$ см от неё.

Поскольку поле однородное и вектор \vec{E} перпендикулярен пластине, то $U = EL$. Решая систему уравнений (1), (2) и (3), находим:

$$h\nu = A + \mathcal{E} - eEL.$$

Отсюда: $A = h\nu - \mathcal{E} + eEL =$

$$= \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 1,6 \cdot 10^{15}}{1,6 \cdot 10^{-19}} - 15,9 + \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 130 \cdot 0,1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,7 \text{ эВ}.$$

Ответ: $A = 3,7$ эВ.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом;</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием сил;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p>	3



<p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), проводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически</p>	

верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

26

Невесомый стержень AB длиной $l = 40$ см с двумя малыми грузиками массами $m_1 = 200$ г и $m_2 = 100$ г, расположенными в точках C и B соответственно, шарнирно закреплён в точке A . Груз массой M подвешен к идеальному блоку за невесомую и нерастяжимую нить, другой конец которой соединён с нижним концом стержня, как показано на рисунке. Вся система находится в равновесии: стержень отклонён от вертикали на угол $\alpha = 30^\circ$, а нить составляет угол с вертикалью, равный $\beta = 30^\circ$. Расстояние $AC = b = 25$ см. Определите массу груза M . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз M и стержень. **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**

Возможное решение:
<p>Обоснование</p> <p>Возможное решение</p> <ol style="list-style-type: none"> Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО). Описываем стержень моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным). Любое движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движений. Поэтому условий равновесия твёрдого тела в ИСО ровно два; одно для поступательного движения, другое – для вращательного движения. В качестве оси, относительно которой будем считать сумму моментов сил, действующих на стержень, выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через точку шарнирного крепления (точку A). Нить невесома, блок идеален (масса блока ничтожна, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же. <p>Решение</p> <ol style="list-style-type: none"> Введём декартову систему координат xOy, как показано на рисунке. Поскольку груз M находится в равновесии, согласно второму закону Ньютона: $T_1 - Mg = 0.$ На стержень с грузами m_1 и m_2 действуют силы $m_1\vec{g}$ и $m_2\vec{g}$, а также сила натяжения нити \vec{T}_2. Поскольку нить невесома, а блок идеален, то



$ \vec{T}_1 = \vec{T}_2 = T.$	
Кроме того, на стержень действует сила \vec{F} со стороны шарнира. Запишем условие равенства нулю суммы моментов этих сил относительно оси вращения, проходящей через точку А – точку шарнирного закрепления стержня:	
$m_1 g \cdot b \sin \alpha + m_2 g \cdot l \sin \alpha - T \cdot AD = 0.$	
3. Решая систему уравнений (1) и (2), с учётом	
$AD = l \sin \varphi = l \sin(\alpha + \beta)$	
получим:	
$M = \frac{(m_1 \cdot b + m_2 \cdot l) \sin \alpha}{l \sin(\alpha + \beta)} = \frac{(200 \cdot 0,25 + 100 \cdot 0,4) \cdot 0,5}{0,4 \cdot 0,866} \approx 130 \text{ г.}$	
Ответ: $M \approx 130 \text{ г.}$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей).	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом; II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены	2

преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.	
Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ)	
Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	4



В соответствии с Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования (приказ Минпросвещения России и Рособрнадзора от 04.04.2023 № 233/552, зарегистрирован Минюстом России 15.05.2023 № 73314)

«81. Проверка экзаменационных работ включает в себя:

1) проверку и оценивание предметными комиссиями ответов на задания КИМ для проведения ЕГЭ с развёрнутым ответом <...>, в том числе устных ответов, в соответствии с критериями оценивания по соответствующему учебному предмету, разработка которых организуется Рособрнадзором <...>

По результатам первой и второй проверок эксперты независимо друг от друга выставляют первичные баллы за каждый ответ на задания КИМ для проведения ЕГЭ с развёрнутым ответом. <...>

В случае существенного расхождения в первичных баллах, выставленных двумя экспертами, назначается третья проверка. Существенное расхождение в первичных баллах определено в критериях оценивания по соответствующему учебному предмету, разработка которых организуется Рособрнадзором.

Эксперту, осуществляющему третью проверку, предоставляется информация о первичных баллах, выставленных экспертами, ранее проверявшими экзаменационную работу».

Существенными считаются следующие расхождения.

1. Расхождение между баллами, выставленными двумя экспертами за выполнение любого из заданий 21–25 и за выполнение задания 26 по критерию K2, в 2 или более балла. В этом случае третий эксперт проверяет только те ответы на задания, которые вызвали столь существенное расхождение.

2. Расхождение в результатах оценивания двумя экспертами ответа на одно из заданий 21–26 заключается в том, что один эксперт указал на отсутствие ответа на задание, а другой выставил за выполнение этого задания ненулевой балл. В этом случае третий эксперт проверяет только ответы на задания, которые были оценены со столь существенным расхождением. Ситуации, в которых один эксперт указал на отсутствие ответа в экзаменационной работе, а второй эксперт выставил нулевой балл за выполнение этого задания, не являются ситуациями существенного расхождения в оценивании.

